

Revue suisse Zool.	Tome 97	Fasc. 4	p. 851-869	Genève, décembre 1990
--------------------	---------	---------	------------	-----------------------

Peuplements lombriciens et activité de surface en relation avec les boues d'épuration et autres fumures *

par

Gérard CUENDET ** et Alain DUCOMMUN ***

Avec 5 figures

ABSTRACT

Earthworm populations and surface activity in relation with sewage sludge and other fertilizers. — This study, that belongs to a more general one dealing mainly with Macroarthropods, aims to better the knowledge of sewage sludge's influence on earthworm populations. In the experimental conditions, the spreading of sewage sludge associated with farmyard manure appears to have a positive effect on earthworm populations. Particularly, *Allolobophora chlorotica* seems to thrive with the sewage sludge. In agreement with other studies, organic fertilizers favor more earthworms than mineral ones. Other land use practices (ploughing, crops rotation, etc.) have also an influence on the populations. On the other hand, surface activity of earthworms was studied with Barber pit falls. All the present species are active at the surface of the soil with the highest activity recorded with the epigeic earthworms and the lowest with the endogeic ones. Rain-fall and temperature determine earthworms' surface activity which may be qualified as "hygrophilous" and "thermophobe".

1. INTRODUCTION

Début 1985, la Suisse produisait 3.8 Mio de m³ de boues d'épuration, soit 230 000 t de matière sèche, dont près de la moitié était utilisée dans l'agriculture pour sa valeur fertilisante (OFPE, 1985).

* Recherche entreprise et financée dans le cadre du projet COST 68ter. La présente publication fait partie de la thèse du second auteur.

** Institut de Génie de l'Environnement, EPFL, CH-1015 Lausanne, Suisse.

*** Institut de zoologie de l'Université, Chantemerle 22, CH-2000 Neuchâtel, Suisse.

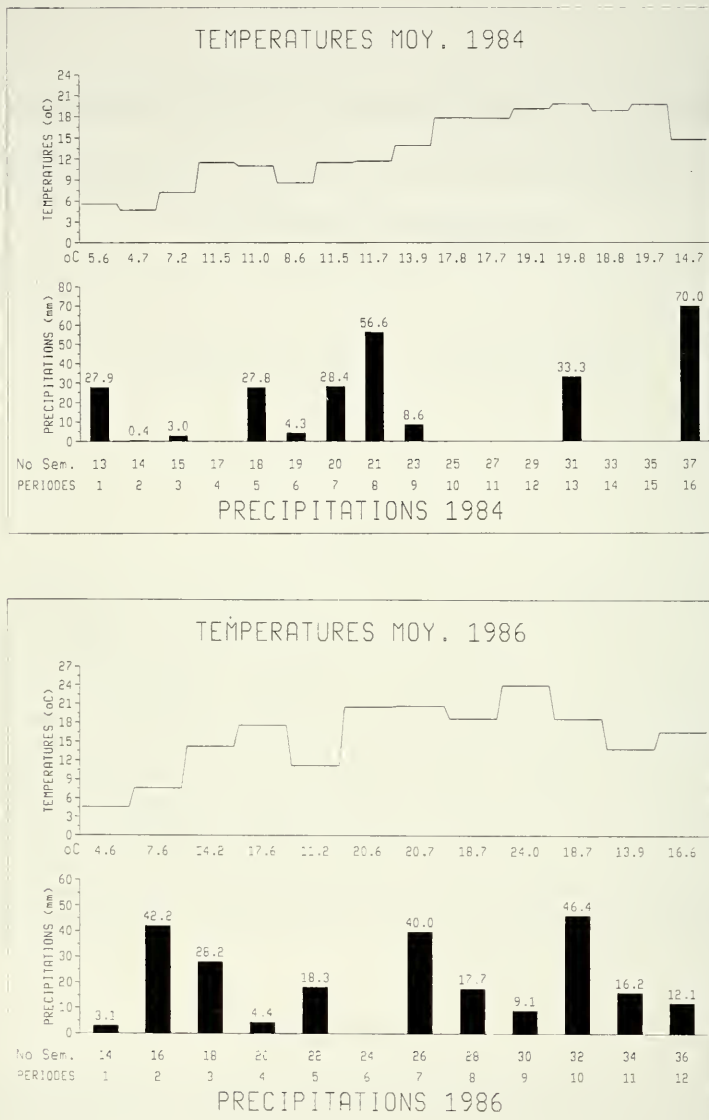


FIG. 1.

Climats locaux 1984 et 1986. Données de l'Observatoire de Neuchâtel.

Pour 1984, les périodes 1 à 16 correspondent aux semaines 13 à 15, 17 à 21 et 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35 et 37. Pour 1986, les périodes 1 à 12 correspondent aux semaines paires 14 à 36 du calendrier.

L'utilisation de ces boues pose de multiples problèmes liés aux germes pathogènes, aux métaux lourds et aux micropolluants (CATROUX *et al.*, 1983; COKER, 1983; DIERCXSENS et TARRADELLAS, 1987). Leur usage, l'utilisation d'autres fumures ainsi que les pratiques agricoles se répercutent sur les communautés vivantes du sol (DIERCXSENS *et al.*, 1985; GHILAROV, 1978; HELMKE *et al.*, 1979; ZETTEL et KLINGLER, 1983). L'importance de celles-ci pour le maintien à long terme de la fertilité des terrains cultivés est reconnue (BACHELIER, 1978). En particulier, le rôle des peuplements lombriciens dans l'amélioration de la structure et de la porosité des sols, dans l'incorporation de la matière organique et le brassage des horizons pédologiques, ainsi que dans la stimulation de l'activité des microorganismes a bien été mis en évidence (DEBRY *et al.*, 1982; HOOGKAMP *et al.*, 1983; KRETZSCHMAR, 1978; LOQUET *et al.*, 1977; RAW, 1962). Ainsi l'importance de connaître l'influence des boues d'épuration, épandues seules ou combinées à d'autres fumures, sur les peuplements lombriciens a motivé notre recherche. Ce travail s'intègre dans une étude plus générale axée principalement sur les Macroarthropodes.

2. DESCRIPTION DES MILIEUX

2.1. LOCALISATION DES TERRAINS ET CLIMAT

Les régions d'expérimentation de Cressier/Le Landeron (Petit-Marais et Vieille-Thielle) et de Witzwil (domaine agricole du pénitencier), situées entre les lacs de Neuchâtel et de Bienné (altitude 431 m), appartiennent aux niveaux thermiques «très doux», «doux» et «assez doux» (SCHREIBER, 1977). Les données météorologiques de l'Observatoire de Neuchâtel permettent de caractériser le climat de nos milieux (Fig. 1).

2.2. FUMURES, CULTURES ET TRAVAIL DU SOL

En 1984 (Tabl. 1), cinq parcelles de 100 m² chacune (parcelles L4, L5, L6, L7 et L8), situées sur un champ à sol humifère, ont été fumées spécialement. La nature des fumures et leur durée de séjour en surface sont précisées dans la légende du tableau 1. Ce premier champ a été enrichi depuis plus de 10 ans avec 300 q ha⁻¹ an⁻¹ de fumier bovin et avec 700-800 kg ha⁻¹ an⁻¹ d'engrais minéraux solubles (NPK). Depuis 1982, il a reçu en complément 50 m³ ha⁻¹ an⁻¹ de boues d'épuration liquides. Les teneurs en azote total des boues et du fumier bovin valent respectivement 1,7 et 5,0 kg t⁻¹. Depuis une douzaine d'années, ce champ est toujours cultivé en maïs. Pour comparaison, la parcelle L9 a été choisie sur un sol limoneux qui n'est engraisé qu'avec des engrais minéraux solubles (mêmes proportions que ci-dessus); il n'a subi qu'un seul épandage de boues en 1983. Depuis une douzaine d'années aussi, ce champ est cultivé tantôt en maïs, tantôt en céréale suivie d'une culture dérobée.

Pour l'expérimentation 1986 (Tabl. 2), nous avons repris la parcelle L5. Afin de connaître le peuplement animal de référence d'un champ ni engraisé ni perturbé par les pratiques agricoles depuis une dizaine d'années, nous avons choisi la parcelle VT10, délimitée dans la prairie de fauche permanente de la réserve naturelle de «La Vieille-Thielle». Les terrains expérimentaux situés sur le domaine agricole de Witzwil (parcelles W11, W12, W13, W14, W15 et W16) ont tous été engraisés annuellement au moyen d'engrais minéraux solubles (350 kg ha⁻¹ an⁻¹ PK) jusqu'en 1985. Cette année-là, les champs supportant les parcelles W11, W13 et W15 ont reçu une fumure organique (boues d'épuration liquides: 30 m³ ha⁻¹; fumier bovin: 300 q ha⁻¹) (Tabl. 2); les autres ont

TABLE 1.

Parcelles expérimentales 1984.

Le fumier «FL» de L4 et celui de L5 ont été épandus le 1^{er} mars et enfouis le 20 mars 1984; le fumier «FC» de L7 a été épandu et enfoui le 23 mars 1984. Les boues de L5 et L6 sont demeurées en surface du 20 mars au 24 avril 1984. Les engrais minéraux (NPK) ont été épandus sur toute les parcelles à cette dernière date.

NO STATION LOCALISATION	CULTURES	FUMURES	SOL		
			TYPLOGIE	TENEUR EN MATIERE ORGANIQUE MO%	TENEUR EN EAU CAPACITE AU CHAMP CAC%
L4 LE LANDERON	MAIS	FUMIER (FL)	Humifère "H"	26.2	77.3 ± 5.2
L5 LE LANDERON	MAIS	FUMIER BOUES	Humifère "H"	23.7	65.3 ± 2.5
L6 LE LANDERON	MAIS	BOUES	Humifère "H"	17.6	61.9 ± 2.6
L7 LE LANDERON	MAIS	FUMIER (FC)	Humifère "H"	20.4	60.1 ± 3.8
L8 LE LANDERON	MAIS	N P K	Humifère "H"	28.9	75.1 ± 9.5
L9 LE LANDERON	MAIS	N P K	Limoneux "L"	5.4	28.6 ± 1.6

continué à recevoir des engrais minéraux. Toutes ces terres sont soumises à une rotation régulière des cultures (colza, betteraves, diverses céréales dont le maïs, prairie artificielle, etc.).

Tous les sols de notre recherche sont labourés annuellement sur une profondeur de 20-25 cm. A Witzwil, pour lutter contre l'affaissement et le tassement, ainsi que pour freiner l'oxydation de la matière organique, plusieurs terrains ont subi un labour profond de 1-2 m depuis 1979 (KAESER, 1983) (Tabl. 2). Cette pratique, en mélangeant les horizons pédologiques, crée une grande hétérogénéité qui disparaît progressivement suite au travail régulier du sol. Elle se répercute ainsi momentanément sur les dosages de la matière organique (MO%) des sols et sur les mesures de leur teneur en eau (CAC%) (Tabl. 2).

TABLE 2.

Parcelles expérimentales 1986.

La typologie des sols est basée sur l'échelle 1979 de classification des sols et sur la terminologie des stations fédérales de recherches agronomiques suisses (ROD, 1980), ainsi que sur la nomenclature admise par la Société suisse de pédologie. La typologie concerne le champ entier; la teneur en matière organique ne concerne que la parcelle de 100 m² («humique»: 5-10% MO; «riche en humus»: 10-20%; «humifère»: plus de 20% MO).

NO STATION LOCALISATION	CULTURES	FUMURES	S O L			
			TYPOLOGIE	TENEUR EN MATIERE ORGANIQUE MO%	TENEUR EN EAU CAPACITE AU CHAMP CAC%	LABOURS PROFONDS
L5 LE LANDERON	MAIS	FUMIER (depuis 1982) BOUES	Humifère "H"	26.8	62.8 ± 4.7	-
VT10 VIEILLE-THIELLE	Prairie de fauche permanente	néant	Argileux "A" riche en humus	18.5	57.5 ± 1.6	-
W11 WITZWIL	Prairie artificielle	BOUES (depuis 1985)	Sable limoneux "S1" humique	6.9	28.7 ± 1.2	1982
W12 WITZWIL	MAIS	P K	Humifère "H"	34.2	49.5 ± 7.2	-
W13 WITZWIL	MAIS	FUMIER	Limoneux "L" riche en humus	12.9	32.1 ± 3.4	1979
W14 WITZWIL	SEIGLE	P K	Sable limoneux "S1" humique	3.7	36.1 ± 7.2	1984
W15 WITZWIL	SEIGLE	BOUES (depuis 1985)	Sable limoneux "S1" humique	34.0	81.1 ± 8.0	1982
W16 WITZWIL	CAROTTES	P K	Limon argileux "La" riche en humus	11.7	32.7 ± 1.2	-

2.3. TYPOLOGIE, pH, TENEURS EN MATIÈRE ORGANIQUE (MO%) ET EN EAU (CAC%) DES TERRAINS ET DES PARCELLES

La typologie, le pH et la teneur moyenne en matière organique (MO%) des terrains expérimentaux 1984 et 1986 ont été déterminées respectivement par SOL-CONSEIL (Nyon) et par la Station fédérale de Liebfeld, à l'exception de la typologie de la parcelle VT10 qui a été définie au Laboratoire d'écologie végétale de l'Université de Neuchâtel (méthode de la pipette de ROBINSON). La teneur moyenne en matière organique des parcelles (100 m²) a été déterminée par nos soins grâce à la méthode de la perte au feu (ALLEN & al., 1974; BALL, 1964).

Les pH des stations étudiées en 1984 ont variés de 7,6 à 7,9; les valeurs obtenues en 1986 étaient comprises entre pH 7,1 et pH 7,7.

La capacité au champ des sols (CAC%) exprime la quantité d'eau qu'ils retiennent lorsque l'eau de gravité a cessé de s'écouler. Cette capacité varie en fonction de leur teneur en éléments fins et en matière organique (SOLTNER, 1983). Elle a été mesurée selon la méthode décrite par AUBERT (1978) et selon les indications de DUCHAUFOUR (1965 et 1984).

Le sous-sol imperméable de nos champs retient bien l'eau de pluie; d'autre part, ils sont influencés par le lac de Neuchâtel et par le canal de la Thielle. Ainsi, ils restent bien humides pendant toute la saison sèche et subissent de fréquentes inondations au printemps. D'ailleurs, la mise en culture de toute la région qui nous intéresse n'a été rendue possible qu'au prix d'imposants drainages réalisés entre 1970 et 1985.

3. MÉTHODES

3.1. PEUPELEMENTS LOMBRICIENS

L'estimation quantitative des peuplements lombriciens des 3 parcelles L5, VT10 et W12 a été réalisée en triant manuellement deux fois 10 carottes de sol de 0,0625 m² de surface et 0,3 m de profondeur, prélevées au hasard dans chaque parcelle à l'aide d'un cylindre d'acier enfoncé rapidement dans le sol. Après l'extraction de chaque carotte, 5 litres de formaldéhyde 0,1% ont été versés dans le trou, afin d'extraire les lombriciens qui n'auraient pas été atteints par le carotteur. Les vers de terre, conservés dans une solution de formaldéhyde 4% ont été pesés un certain temps après la récolte et les valeurs observées ont par conséquent été corrigées à l'aide de facteurs de correction (CUENDET, 1985).

La détermination de la diversité des 3 peuplements est basée sur les résultats du double tri manuel, ainsi que sur ceux concernant l'activité de surface.

3.2. ACTIVITÉ DE SURFACE

L'activité de surface des lombriciens a été mise en évidence par l'utilisation de pièges Barber, qui sont des pièges d'activité, neutres, destinés à capturer la faune circulant à la surface du sol.

Une batterie de 16 pièges Barber (gobelets de 70 mm de diamètre et 80 mm de profondeur enfoncés dans le sol et remplis au tiers d'éthylène-glycol à 20%) a été installée dans chaque parcelle. Ils ont été relevés chaque semaine du 27 mars au 28 mai 1984, une semaine sur deux du 4 juin au 18 septembre 1984 et du 7 avril au 15 septembre 1986.

L'éthylène-glycol, liquide conservateur non attractif adapté au prélèvement des arthropodes, ne convient que partiellement aux lombriciens qui deviennent flasques après quelques jours. Cette perte de fermeté des tissus, ainsi qu'une relative disparition des pigments pour les individus du genre *Nicodrilus*, ont rendu la détermination difficile et explique la présence dans les résultats d'une certaine quantité d'«apigmentés indéterminés».

Les poids frais moyens des individus adultes récoltés pour l'estimation quantitative des peuplements et ceux des individus adultes prélevés dans les pièges Barber, mesurés après un certain séjour dans un liquide conservateur, sont apparus comme sensiblement identiques. Les valeurs observées pour les biomasses n'ont donc pas été corrigées et donnent apparemment une bonne idée des biomasses en poids frais prélevées dans les pièges.

TABLE 3.
Les trois peuplements lombriciens.

TAXON	LE LANDERON (L5)		VIEILLE-THIELLE (VT10)		WITZWIL (W12)		
	DENSITE ind. m-2	BIOMASSE g. m-2	DENSITE ind. m-2	BIOMASSE g. m-2	DENSITE ind. m-2	BIOMASSE g. m-2	
<i>Lumbricus r. rubellus</i>	9.5	0.39			12.6	1.91	60
<i>Nicodrilus l. longus</i>	15.8	8.23	138.2	66.36	36.2	29.31	80
<i>Nicodrilus l. ripicola</i>			26.8	11.51	34.7	6.78	70
<i>Nicodrilus nocturnus</i>	15.8	7.05	9.9	5.28			
<i>Nicodrilus c. caliginosus</i>	137.1	21.63	50.4	10.31	189.0	16.51	100
<i>Allolobophora chlorotica</i>	615.9	46.31	140.2	15.71			présence
<i>Allolobophora icterica</i>	40.6	7.65					
<i>Allolobophora rosea</i>	101.4	9.05	333.1	23.04	96.1	6.55	90
<i>Allolobophora cupulifera</i>	18.7	1.75	43.4	3.11	1.6	2.53	10
<i>Octolasion cyaneum</i>							
TOTAL	954.6	102.06	742.0	135.32	370.2	63.59	

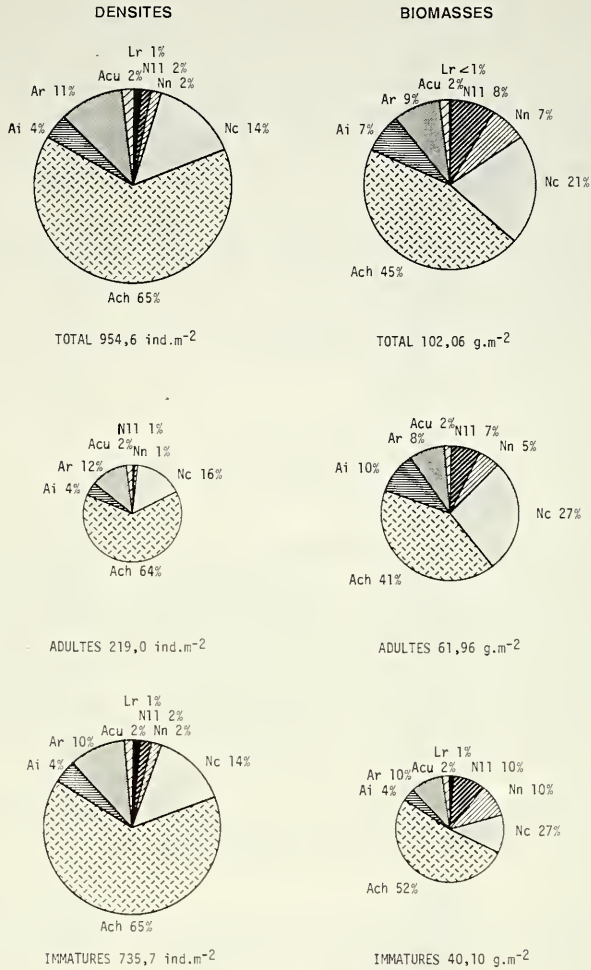


FIG. 2.

Peuplement lombricien du Landeron (L5); densités et biomasses.

Abréviations (sans ponctuation sur les graphiques discoidaux) et catégories écologiques des espèces et sous-espèces observées (la systématique utilisée est celle de BOUCHÉ 1972 et 1976a):

- A.ch. *Allolobophora chlorotica chlorotica* (Savigny, 1826), forme verte, épiendogée
 A.cu. *Allolobophora cupulifera* Téry, 1937, épiendogée caractéristique de sols humides
 A.i. *Allolobophora icterica* (Savigny, 1826), endogée
 A.r. *Allolobophora rosea* (Savigny, 1826), épiendogée
 E.t. *Eiseniella tetraedra* (Savigny, 1826), épigée caractéristique de sols humides
 L.r. *Lumbricus rubellus rubellus* Hoffmeister, 1843, épigée à légère tendance anécique
 N.c. *Nicodrilus caliginosus caliginosus* (Savigny, 1826), épiendogée
 N.l.l. *Nicodrilus longus longus* (Ude, 1885), anécique
 N.l.r. *Nicodrilus longus ripicola* var. *viridis* Bouché, 1972, anécique caractéristique de sols humides
 N.n. *Nicodrilus nocturnus* (Evans, 1942), anécique
 O.c. *Octolasion cyaneum* (Savigny, 1826), épiendogée
 O.l. *Octolasion tyrtaeum lacteum* Oerley, 1885, épiendogée

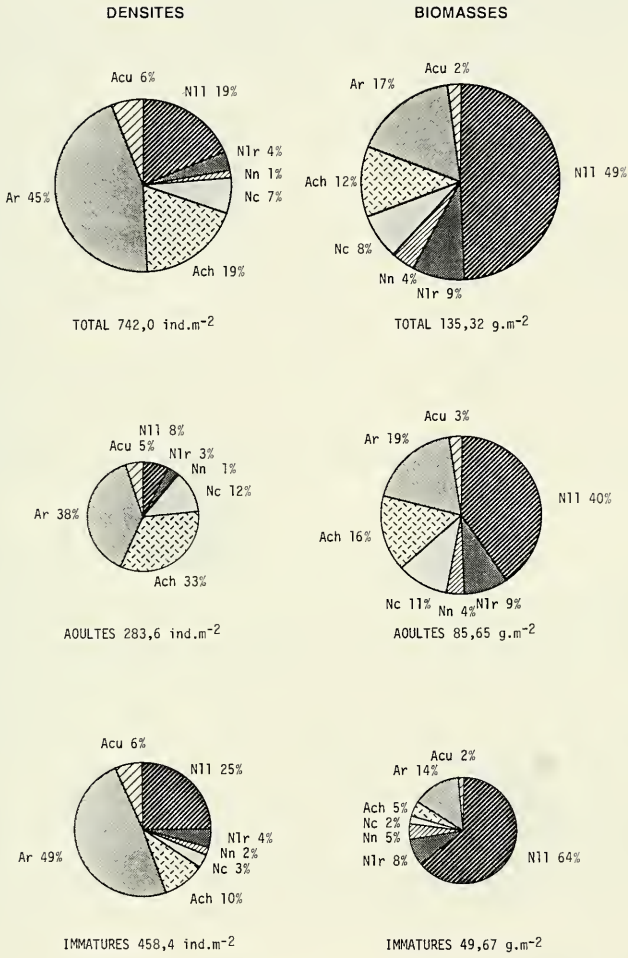


FIG. 3.

Peuplement lombricien de la Vieille-Thielle (VT10).

Abréviations: voir fig. 2.

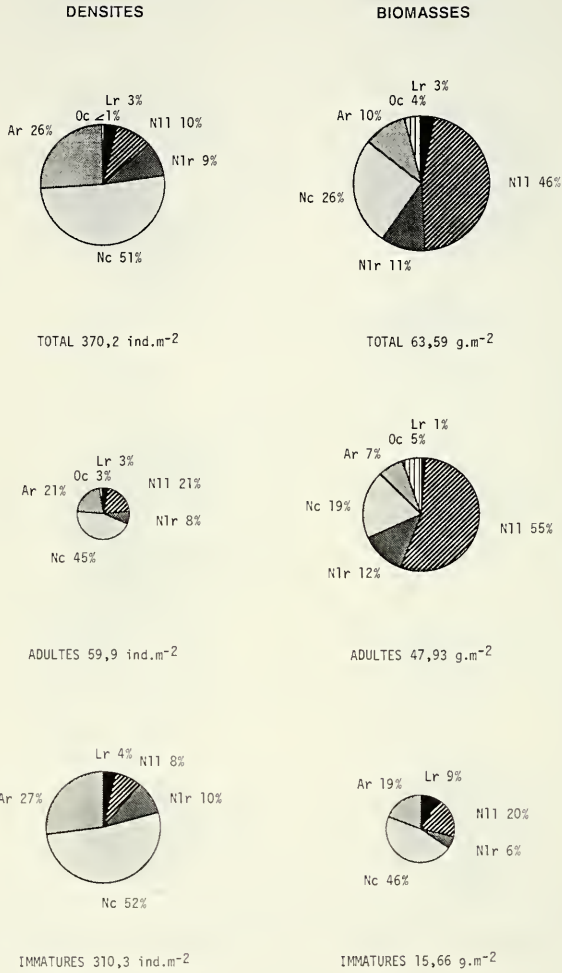


FIG. 4.

Peuplement lombricien de Witzwil (W12).

Abréviations: voir fig. 2.

4. RÉSULTATS

4.1. PEUPELEMENTS LOMBRICIENS

Le tableau 3 et les figures 2, 3 et 4 présentent les 3 peuplements lombriciens tels qu'ils apparaissent à l'étude des prélèvements effectués dans les 3 sols en automne 1986. Deux espèces non observées dans les échantillons de sol sont indiquées comme présentes, car elles ont été récoltées dans des pièges Barber.

4.1.1. *Caractéristiques communes aux trois peuplements*

La présence de *N. l. ripicola viridis* et *A. cupulifera* indique la nature hydromorphe des 3 sols étudiés.

La présence des épigés (*L. r. rubellus*) est très faible, ce qui est compréhensible dans les deux sols labourés (L5 et W12), mais étonne dans le cas de la prairie permanente (VT10). Dans cette dernière, l'existence passée de culture, ainsi que la grande présence des anéciques et donc une forte concurrence alimentaire peuvent expliquer cette très faible présence des épigés.

Composés chacun de 8 espèces et sous-espèces, ces peuplements possèdent une diversité normale pour des sols agricoles du Plateau Suisse (CUENDET, 1979; CUENDET et BIERI, en prép.).

Le grand nombre d'immatures observés correspond à l'éclosion des cocons au début de l'automne.

4.1.2. *Caractéristiques propres à chaque peuplement*

Le peuplement du Landeron montre une très nette dominance des endogés (5 espèces, 96% et 85% de la densité et de la biomasse totales), en fait une dominance très marquée de l'épiendogé *A. chlorotica*. Bien qu'étant cantonnée à proximité de la surface du sol, cette espèce semble bien résister aux pratiques agricoles, grâce à sa petite taille et son taux de reproduction élevé (GERARD, 1967).

Le peuplement de la Vieille-Thielle est apparemment celui dont la densité et la biomasse sont les plus stables, de par la présence importante des anéciques (biomasse adulte élevée, taux de renouvellement relativement faible).

Celui de Witzwil, bien que présentant une diversité normale, est un peuplement lombricien faible autant en densité qu'en biomasse, caractéristique d'un sol cultivé intensivement et avec un faible retour de matière organique végétale (assolement avec peu de prairie, fort emploi d'engrais minéraux solubles et dés herbants).

4.2. ACTIVITÉ DE SURFACE

Les résultats de la détermination et de la quantification des lombriciens récoltés dans les pièges Barber sont présentés par les tableaux 4 et 5 et la figure 5, qui permettent de comparer l'activité de surface des différentes espèces.

Il apparaît que toutes les espèces observées lors de l'étude des 3 peuplements ont été récoltées dans des pièges Barber et donc été présentes en surface à une période ou une autre.

Par ailleurs, la comparaison entre les abondances relatives des différentes espèces dans les 3 peuplements et dans les récoltes des pièges Barber (troisième colonne des tableaux 4 et 5) met en évidence 3 types de comportement:

- des lombriciens apparaissent sur-représentés dans les pièges, c'est-à-dire ont une grande activité de surface; c'est le cas de *L. r. rubellus*, qui est bien reconnu comme ayant une forte activité épigée (KOBEL-LAMPARSKY et LAMPARSKY, 1983),
- d'autres n'apparaissent que relativement rarement et en faible quantité dans les pièges; ce sont les espèces *A. rosea* et *N. c. caliginosus*,
- certains apparaissent comme sur-représentés par endroits dans les pièges et sous-représentés dans d'autres; c'est le cas d'*A. chlorotica*, qui montre partout une importante activité de surface, ne correspondant pas cependant dans le peuplement du Landeron à l'importance relative de sa présence; c'est aussi le cas des *N.sp.* anéciques.

TABLE 4.

Activité de surface des lombriciens en 1984.

Parcelles	Espèces déterminées	Abondance en% (1)	Grandes récoltes (2)	Constance en % (3)	Nombre total d'individus	Biomasse totale en mg
L4	<i>L.r.rubellus</i> <i>N.longus</i> <i>N.nocturnus</i> <i>N.c.caliginosus</i> <i>A.chlorotica</i>	11 10 (<i>N.sp.an.</i>) 41 27	10.9. - 18.9.	62	200	38 717
L5	<i>L.r.rubellus</i> <i>N.longus</i> <i>A.chlorotica</i> <i>A.icterica</i>	27 (1) 7 (3) 44 (65) 4 (4)	21.5. - 28.5.	44	41	10 848
L6	<i>L.sp.</i> <i>N.longus</i> <i>N.c.caliginosus</i> <i>A.chlorotica</i> <i>A.cupulifera</i>	1 19 50 19 6	21.5. - 28.5.	44	22	7 230
L7	<i>L.r.rubellus</i> <i>L.castaneus</i> <i>N.longus</i> <i>N.c.caliginosus</i> <i>A.chlorotica</i>	11 4 16 36 24	10.9. - 18.9.	44	28	13 062
L8	<i>E.tetraedra</i> <i>L.r.rubellus</i> <i>N.c.caliginosus</i> <i>A.chlorotica</i> <i>O.t.lacteum</i>	2 67 9 7 1	1.5. - 7.5. 21.5. - 28.5.	69	100	18 859
L9	<i>L.r.rubellus</i> <i>N.longus</i>	32 42	1.5. - 7.5. 10.9. - 18.9.	50	22	8 261

TABLE 5.

Activité de surface des lombriciens en 1986.

Parcelles	Espèces déterminées	Abondance en% (1)	Grandes récoltes (2)	Constance en % (3)	Nombre total d'individus (4)	Biomasse totale en mg (4)
L5	<i>L.r.rubellus</i> <i>N.longus</i> <i>N.c.caliginosus</i> <i>A.chlorotica</i> <i>A.rosea</i>	46 (1) 17 (3) 8 (14) 3 (65) 2 (11)	2.6. - 9.6. 22.8. - 29.8	80	89	25 374
VT10	<i>L.r.rubellus</i> <i>N.sp.anéciques</i> <i>N.c.caliginosus</i> <i>A.chlorotica</i> <i>A.cupulifera</i>	4 (0) 10 (24) 2 (7) 43 (19) 39 (6)	21.4. - 28.4. 5.5. - 12.5.	58	81	15 311
W11	<i>A.chlorotica</i> <i>O.cyanum</i>	50 50		22	4	1 209
W12	<i>L.r.rubellus</i> <i>N.longus</i> <i>N.c.caliginosus</i> <i>A.chlorotica</i> <i>A.rosea</i>	34 (3) 18 (19) 6 (51) 19 (0) 7 (26)	5.5. - 12.5. 2.6. - 9.6.	33	150	26 711
W13	<i>L.r.rubellus</i> <i>L.terrestris</i> <i>N.sp.anéciques</i> <i>N.c.caliginosus</i> <i>A.chlorotica</i>	66 (<i>L.sp.</i>) 6 10 1	21.4. - 28.4. 5.5. - 12.5. 2.6. - 9.6.	67	98	18 707
W14	<i>L.sp.</i> <i>N.longus</i>	29 40	22.8. - 29.8.	73	21	6 102
W15	<i>L.r.rubellus</i> <i>N.longus</i> <i>A.chlorotica</i>	13 30 20	22.8. - 29.8.	64	40	5 953
W16	<i>L.r.rubellus</i> <i>A.chlorotica</i>	36 33	22.8. - 29.8.	56	11	1 949

¹ Abondances relatives, pour *E. tetraedra*, *L. castaneus*, *L. r. rubellus* et *L. sp.* en % du nombre total de lombriciens récoltés (apigmentés indéterminés compris), pour les autres espèces en ‰ du nombre de lombriciens déterminables. Entre parenthèses, les abondances relatives observées dans les 3 peuplements.

² Les périodes de grandes récoltes, 10.9-18.9 signifiant par exemple la période du 10 au 18 septembre.

³ Constance de la présence des lombriciens dans l'ensemble des récoltes.

⁴ Quantités récoltées pendant 10 périodes sur L5, W11 et W16, pendant 11 périodes sur W14 et W15 et pendant 12 périodes sur VT10, W12 et W13.

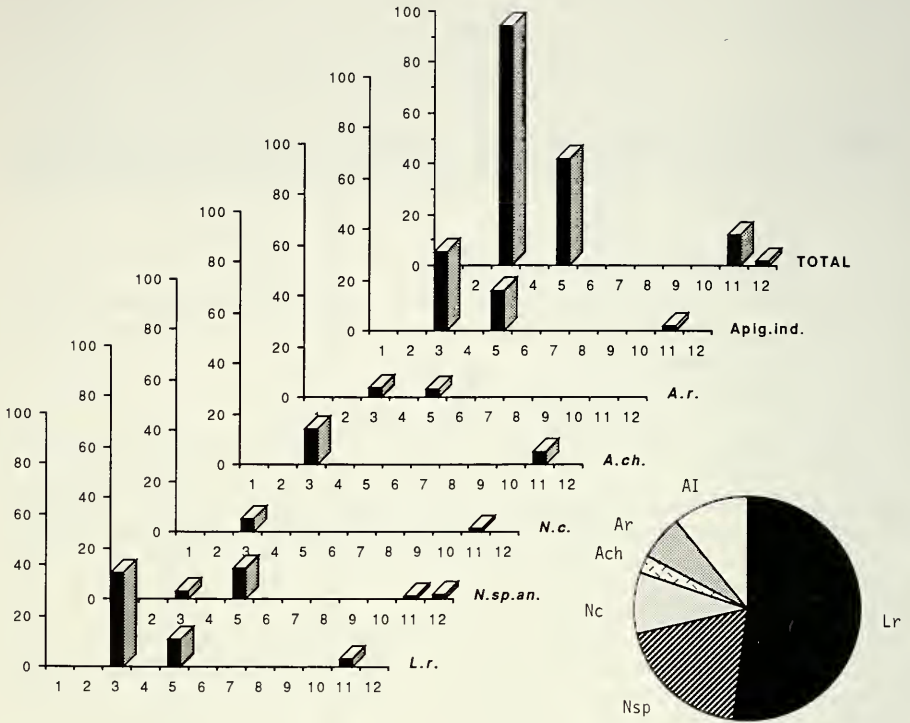


FIG. 5.

Activité de surface des lombriciens observés sur la parcelle W12 en 1986.

Graphes en perspective:

- en abscisse, les 12 périodes de récoltes du 7 avril au 15 septembre,
- en ordonnée, les nombres d'individus récoltés.

Grappe discoïdale: importance relative des différentes espèces dans la biomasse totale récoltée sur cette parcelle.

Abréviations:

- Apig.ind. - AI apigmentés indéterminés
- L.sp. Lumbricus sp.
- N.sp.an. - Nsp Nicrodrilus sp. anéciques

Autres abréviations: voir fig. 2.

5. DISCUSSION

5.1. LES TROIS PEUPELEMENTS LOMBRICIENS

Bien que situés sur des sols de même type et dans la même région, ces 3 peuplements montrent une hétérogénéité qui n'est manifestement pas le seul fait des pratiques agricoles, mais pourrait correspondre aussi à des compositions initiales différentes.

La comparaison entre les 3 peuplements met en évidence qu'une fumure organique favorise de façon générale plus les lombriciens qu'une fumure uniquement minérale, mais ne suffit pas à compenser les effets de la mise en culture, ce qui a déjà été remarqué ailleurs (EDWARDS et LOFTY, 1977). Ceci pourrait être encore plus évident, si les 3 sols recevaient des fumures identiques en terme de quantité d'azote disponible pour les plantes, ce qui n'est pas le cas, la prairie permanente VT10 ne recevant aucun fertilisant.

Cette comparaison montre donc que l'épandage de boue d'épuration, associé à celui de fumier de bovin, a un effet positif sur les lombriciens. Un même effet positif a été observé pour l'épandage de boue d'épuration par EDWARDS et LOFTY (1982) sur des sols agricoles et par KOBEL-LAMPARSKY (1987) sur un sol forestier. Dans la comparaison présente, *A. chlorotica* paraît particulièrement favorisé par cet apport, ce qui a aussi été remarqué par EDWARDS et LOFTY (1982).

5.2. *Activité de surface*

L'étude des lombriciens récoltés dans les pièges Barber et la comparaison avec ceux récoltés pour estimer les 3 peuplements mettent donc en évidence deux faits confirmés par BOUCHÉ (1976b) et KOBEL-LAMPARSKY et LAMPARSKY (1983). Premièrement, toutes les espèces présentes, qu'elles soient épigées, anéciques ou endogées, ont une activité de surface, qui va de pair avec leur aptitude migratoire. Deuxièmement, les épigés (principalement *L. r. rubellus*) sont plus actifs en surface que les anéciques, qui eux-mêmes le sont plus que les endogés. Les premiers ont été récoltés de façon plus constante que les derniers, qui peuvent par contre apparaître en masse lors de conditions météorologiques favorables (par exemple *N. c. caliginosus* sur L1 en 1984 et *A. cupulifera* sur VT10 en 1986).

Par conséquent les récoltes dans les pièges Barber donnent une vision différente des peuplements lombriciens que celles obtenues par les prélèvements de sol associés à l'utilisation de formol 0,1%. Ainsi la parcelle W12 avec peu de récoltes (constance 33%) montre une quantité de lombriciens actifs en surface très nettement supérieure à celle observée sur VT10, où pourtant le peuplement est deux fois plus important. Ceci est peut-être dû en partie à des différences météorologiques locales qui ont provoqué deux grandes sorties à Witzwil.

La comparaison entre les deux années de récoltes sur L5 met en évidence que l'apparition en surface des endogés (*A. icterica*, *A. rosea* et *N. c. caliginosus*) est très ponctuelle, puisque chacune de ces espèces n'a été récoltée qu'une ou deux fois pendant ces deux années.

5.2.1. *Influence des conditions météorologiques*

D'une façon générale l'activité de surface des lombriciens observée par le biais de leur présence dans les pièges Barber apparaît nettement influencée par les précipitations (Fig. 1). En 1984, deux des trois périodes de grandes récoltes correspondent aux deux maxima de précipitations (fin mai et mi-septembre), alors que celle de début mai correspond à des précipitations moyennement importantes. Au printemps 1986, les deux périodes

de grandes récoltes correspondent aux deux maxima de précipitations (fin avril et début mai), alors qu'en été deux périodes de grandes récoltes correspondent à des précipitations moyennement importantes.

Dans le contexte de cette étude, c'est-à-dire durant des périodes ne recouvrant que deux printemps et deux étés, la température ne paraît avoir influencé négativement l'activité de surface des lombriciens que dans la mesure où elle était élevée en été (température moyenne dépassant ou proche de 20°C). Ceci est particulièrement net en été 1986, où durant les deux périodes de fortes précipitations (périodes 7 et 10) très peu de lombriciens ont été récoltés et durant la période la plus chaude (période 9 avec environ 10 mm de précipitations) aucun lombricien n'a été observé dans les pièges. En été 1984, deux périodes seulement furent humides. Durant la première (période 13, température moyenne 20°C), aucun ou très peu de lombriciens ont été récoltés, alors que la seconde correspond à une grande récolte (période 16, nette baisse de la température moyenne qui est de l'ordre de 13°C).

Ces observations concordent avec celles effectuées par BOUCHÉ (1976b) dans une prairie permanente, où il a qualifié les lombriciens se déplaçant en surface d'«hygrophiles thermophobes».

5.2.2. Influence du mode de fertilisation et des autres pratiques agricoles

La comparaison des récoltes de 1984 et celle des récoltes de 1986 ne permettent pas de mettre en évidence une influence positive plus grande de la fertilisation organique avec ou sans boue d'épuration que celle de la fertilisation purement minérale. Si la récolte totale maximale a été réalisée en 1984 sur la parcelle fertilisée avec du fumier ayant séjourné en surface (L4), il n'en reste pas moins que sur les parcelles n'ayant reçu que des engrais minéraux (L8 et W12), les lombriciens ont aussi été nombreux à être actifs en surface.

Il est probable, par contre, que les labours profonds effectués 2 à 4 ans auparavant aient eu une influence négative sur les vers de terre de W11, W14 et W15, en perturbant drastiquement leur peuplement.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, als Teil einer grösseren Untersuchung, den Einfluss von Klärschlamm auf die Regenwürmer im Boden zu untersuchen. Innerhalb der experimentellen Bedingungen (Klärschlamm flüssig, ausgebracht allein oder zusammen mit Stallmist; Mineraldünger; humusreiche Böden; Intensivkulturen und permanente Schnittwiesen) fördert das Ausbringen von Klärschlamm zusammen mit Stallmist die Regenwurmpopulationen am stärksten. Für *A. chlorotica* wurde ein besonders starker Populationszuwachs verzeichnet bei Klärschlamm. Allgemein üben organische Dünger einen günstigeren Einfluss auf die Regenwürmer aus als rein mineralische. Die Art der Bewirtschaftung (Pflügen, Fruchtfolge, etc.) wirkt sich ebenso auf die Regenwürmer aus.

Zusätzlich wurde die Aktivität der Regenwürmer auf der Bodenoberfläche mittels Barberfallen erfasst. Alle gefundenen Arten zeigen eine solche Aktivität: die epigäischen Arten sind die aktivsten gefolgt von den vertikal grabenden, während für die endogäischen Arten die kleinste Aktivität nachgewiesen wurde. In erster Linie beeinflussen Niederschläge und Temperatur die Bodenoberflächen-Aktivität der Regenwürmer, welche als „hygrophil-thermophob“ bezeichnet werden können.

RÉSUMÉ

Ce travail, intégré dans une étude plus générale sur les Macroarthropodes, vise à mettre en évidence l'influence des boues d'épuration sur les vers de terre. Dans les conditions expérimentales (boues liquides épandues seules ou combinées au fumier; engrais minéraux; sols riches à très riches en matière organique; cultures intensives et prairie de fauche permanente), les peuplements lombriciens montrent que l'épandage de boues associé à celui du fumier a un effet positif. *A. chlorotica* paraît particulièrement avantage par les boues. De manière générale, les fumures organiques favorisent plus les vers de terre que les fumures uniquement minérales. Les pratiques agricoles (labours, rotation des cultures, etc.) influencent également ces peuplements.

D'autre part, l'activité de surface des lombriciens a été mise en évidence au moyen de pièges Barber. Toutes les espèces présentes ont une activité de surface: les vers épigés sont plus actifs que les anéciques qui le sont plus que les endogés. Les précipitations et la température déterminent l'activité de surface des lombriciens qui peuvent être qualifiés d'«hygrophiles thermophobes».

REMERCIEMENTS

Nos sincères remerciements au professeur W. Matthey (Institut de zoologie, Université de Neuchâtel) qui nous a confié la réalisation de cette recherche.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN, S. E., H. M. GRIMSHAW, J. A. PARKINSON et C. QUARMY, 1974. Chemical analysis of ecological materials. *Blackwell S.P.*
- AUBERT, G., 1978. Méthodes d'analyses des sols. *CNDP/CRDP. Marseille.* 1-191.
- BACHELIER, G., 1978. La Faune des sols. Son écologie et son action. *ORSTOM. Paris.* 1-391.
- BALL, D. F., 1964. Loss-on-ignition as an estimate of organic matter and organic carbon in non-calcareous soils. *J. Soil Science*, 15: 84-92.
- BOUCHÉ, M. B., 1972. Lombriciens de France. Ecologie et systématique. Ed. INRA, *Annls zool.-écol. anim.*, numéro spécial, 72-2: 1-671.
- 1976a. Contribution à la stabilisation de la nomenclature des Lombricidae, Oligochaeta I. Synonymies et homonymies d'espèces du bassin parisien. *Bull. Mus. Hist. nat., Paris*, 354: 81-87.
- 1976b. Etude de l'activité des invertébrés épigés prairiaux. I. Résultats généraux et géodrilologiques (Lumbricidae: Oligochaeta). *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 13: 261-281.

- CATROUX, G., P. L'HERMITE et E. SUESS (eds), 1983. The influence of sewage sludge application on physical and biological properties of soils. *Commission of the European Communities. D. Reidel Publishing Comp.* 1-253.
- COKER, E. G., 1983. Biological Aspects of the Disposal-Utilization of Sewage Sludge on Land. *Adv. Applied Biology*, 9: 257-322.
- CUENDET, G., 1979. Etude du comportement alimentaire de la Mouette rieuse (*Larus ridibundus* L.) et son influence sur les peuplements lombriciens. Thèse de doctorat. Conservation de la faune et Section protection de la nature et des sites du canton de Vaud. 1-111.
- 1985. Perte de poids des lombriciens durant leur conservation dans une solution de formaldéhyde et équivalents énergétiques. *Rev. suisse Zool.* 92: 145-163.
- CUENDET, G. et M. BIERI, en prép. Peuplements lombriciens, bioindicateurs de la qualité de certains sols agricoles suisses.
- DEBRY, J. M., M. HOUSSIAU, M. LEMASSON-FLORENVILLE, G. WAUTHY et Ph. LEBRUN, 1982. Impact de populations lombriciennes introduites sur le pH et sur la dynamique de l'azote dans un sol traité avec du lisier de porcs. *Pedobiologia*, 23: 157-171.
- DIERCXSENS, P. et J. TARRADELLAS, 1987. Soil contamination by some organic micropollutants related to sewage sludge spreading. *Intern. J. Environ. Anal. Chem.* 28: 143-159.
- DIERCXSENS, P., D. de WECK, N. BORSINGER, B. ROSSET et J. TARRADELLAS, 1985. Earthworm contamination by PCBs and heavy metals. *Chemosphere* 14: 511-522.
- DUCHAUFOUR, Ph., 1965. Précis de pédologie. *Masson, Paris*, 2^e éd. 1-481.
- 1984. Abrégé de Pédologie. *Masson, Paris*. 1-220.
- EDWARDS, A. et J. R. LOFTY, 1977. Biology of earthworms. *Chapman and Hall, London*. 1-333.
- 1982. Nitrogenous fertilizers and earthworm populations in agricultural soils. *Soil Biol. Biochem.* 14: 515-521.
- GERARD, B. M., 1967. Factors affecting earthworms in pastures. *J. Anim. ecology* 36: 235-252.
- GHILAROV, M. S., 1978. Bodenwirbellose als Indikatoren des Bodenaushaltes und von bodenbildenden Prozessen. *Pedobiologia*, 18: 300-309.
- HELMKE, P. A., W. P. ROBARGE, R. L. KOROTEV et P. J. SCHOMBERG, 1979. Effects of soil-applied sewage sludge on concentrations of elements in earthworms. *J. Environ. Qual.* 8: 322-327.
- HOOGERKAMP, M., H. ROGAAR et H. J. P. ELSACKERS, 1983. Effects of earthworms on grassland on recently reclaimed polder soils in the Netherlands. In: *Earthworm Ecology* (Ed. J. E. SATCHELL), *Chapman & Hall, London*, 85-105.
- KAESER, H. K., 1983. Améliorations foncières à Witzwil (canton de Berne) par le labour profond. *Revue suisse Agric.*, 15 (2): 63-64.
- KOBEL-LAMPARSKY, A. et F. LAMPARSKY, 1983. Die Wiederbesiedlung flurbereinigten Rebgeändes im Kaiserstuhl durch Lumbriciden. *Mittl. dtsh. bdkdl. Ges.* 38: 337-342.
- 1987. Effects of sludge on the structure of the upper soil layers and on the earthworms of a beech woodland. In: *On Earthworms*. Eds. A. M. BONVICINI et P. OMODEO). *Selected Symposia and Monographs U.Z.I. 2. Mucchi, Modena*, 409-417.
- KRETSCHMAR, A., 1978. Quantification écologique des galeries de lombriciens. Techniques et premières estimations. *Pedobiologia*, 18: 31-38.
- LOQUET, M., T. BATHNAGAR, M. BOUCHE et J. ROUELLE, 1977. Essai d'estimation de l'influence écologique des lombriciens sur les microorganismes. *Pedobiologia*, 17: 400-417.
- OFPE, 1985. Statistique portant sur la protection des eaux. *Les cahiers de l'environnement n° 46. Office fédéral de la protection de l'environnement. Berne. Novembre 1985.*

- RAW, F., 1962. Studies of earthworm populations in orchards. I. Leaf burial in apple orchards. *Ann. Appl. Biol.* 50: 389-404.
- SCHREIBER, K. F., 1977. Les niveaux thermiques de la Suisse sur la base de relevés phénologiques effectuées dans les années 1969-1973. *Dpt. féd. de Justice et Police. Berne.*
- SOLTNER, D., 1983. Les bases de la production végétale. Tome 1: Le sol. 12^e éd. *Coll. Sciences et techniques agricoles. Angers.* 1-456.
- ZETTEL, J. et J. KLINGLER, 1983. Influence of sewage sludge application on microarthropods (Collembola and mites) and nematodes in a sandy loam soil. In: CATROUX, G., L'HERMITE, P. et SUESS, E. (eds). The influence of sewage sludge application on physical and biological properties of soils. *Commission of the European Communities. D. Reidel Publishing Comp.* 1-253.